

(11)特許出願公開番号

特開平10-123166

(43)公開日 平成10年(1998)5月15日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

FI

G O I P 15/12

G O 1 P 15/12

15/08

15/08

$$Z$$

H05K 9/00

H05K 9/00

A

審査請求 未請求 請求項の数24 OL (全 20 頁)

(21)出願番号 特願平9-86331

(22)出願日 平成9年(1997)4月4日

(31)優先權主張番号 特願平8-211086

(32)優先日 平8(1996)8月9日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(31)優先権主張番号 特願平8-230732

(32)優先日 平8(1996)8月30日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)發明者 青 建一

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電

装株式会社内

(72)発明者 村田 稔

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電

装株式会社内

(72)発明者 石王 誠一郎

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電

装株式会社内

(74)代理人 弁理士 佐藤 強

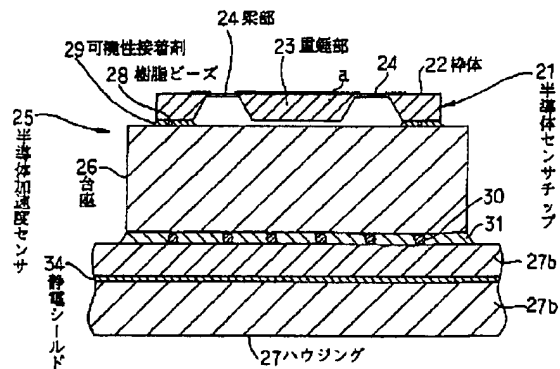
[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 半導体加速度センサ

(57) 【要約】

【課題】 安定した出力特性を得ると共に、構造の簡単化を実現すること。

【解決手段】 半導体センサチップ21は、枠体22内に梁部24を介して支持された重錘部23を有し、上記梁部24に形成された抵抗要素のピエゾ抵抗効果を利用して±1G前後までの加速度を検知できるように構成される。半導体センサチップ21は、これと同等の熱膨張係数を有した台座26に対し、枠体22を介して支持される。このとき、枠体22と台座26との間は、スペーサとして機能する複数個の樹脂ビーズ28を配合した可撓性接着剤29により接着されるものであり、その接着状態では、重錘部23及び台座26間のエアギャップの寸法を7～15μmの範囲に設定することにより、重錘部23のエアダンピングを行うようにしている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 梁部を介して支持された重錘部を有し、上記梁部に形成された抵抗要素のピエゾ抵抗効果を利用して±1G前後までの加速度を検知できるように構成された半導体センサチップを備えた半導体加速度センサにおいて、

前記半導体センサチップをこれと同等の熱膨張係数を有した材料により形成された台座により支持すると共に、この台座に対し前記重錘部を近接配置することによって当該重錘部のエアダンピングを行うように構成し、前記重錘部及び台座間のエアギャップの寸法を7μm以上に設定したことを特徴とする半導体加速度センサ。

【請求項2】 前記重錘部及び台座間のエアギャップの寸法を7～15μmの範囲に設定したことを特徴とする請求項1記載の半導体加速度センサ。

【請求項3】 前記重錘部及び台座間のエアギャップ寸法dと、当該重錘部の底面積Sとの関係を、次式を満たす値に設定したことを特徴とする請求項1記載の半導体加速度センサ。

【数1】 $0.01 \leq S/d^2 \leq 0.05$

【請求項4】 前記重錘部を前記梁部を介して支持するための枠体を備え、前記台座及び枠体間を可撓性接着剤により接着する構成としたことを特徴とする請求項1ないし3の何れかに記載の半導体加速度センサ。

【請求項5】 前記重錘部を前記梁部を介して支持する補助枠と、この補助枠をアーム部を介して片持ち状に支持する枠体とを備え、前記台座及び枠体間を可撓性接着剤により接着する構成としたことを特徴とする請求項1または3記載の半導体加速度センサ。

【請求項6】 前記台座及び枠体間にスペーサを設け、このスペーサにより前記エアギャップの寸法を管理する構成としたことを特徴とする請求項1ないし5の何れかに記載の半導体加速度センサ。

【請求項7】 前記スペーサを、前記台座及び枠体間を接着するための可撓性接着剤に配合した複数の樹脂ビーズにより形成したことを特徴とする請求項6記載の半導体加速度センサ。

【請求項8】 前記スペーサを、前記台座側または枠体側に一体に形成した複数の突起部により形成したことを特徴とする請求項6記載の半導体加速度センサ。

【請求項9】 前記台座に対して、前記半導体センサチップに印加される電源電圧と同レベルの電圧を印加する電圧印加手段を設けたことを特徴とする請求項1ないし8の何れかに記載の半導体加速度センサ。

【請求項10】 前記重錘部及び台座の少なくとも一方に、両者間のギャップに位置される少なくとも1個の凸部を設け、この凸部により重錘部の過大な変形を規制する構成としたことを特徴とする請求項1ないし9の何れかに記載の半導体加速度センサ。

【請求項11】 前記半導体センサチップ及びこれを支持した台座に対して、これらの一体物を所定温度雰囲気中に所定時間以上晒すというバーニン処理を施したことを特徴とする請求項1ないし10の何れかに記載の半導体加速度センサ。

【請求項12】 梁部を介して支持された重錘部を有し、上記梁部に形成された抵抗要素のピエゾ抵抗効果を利用して±1G前後までの加速度を検知できるように構成された半導体センサチップを備えた半導体加速度センサにおいて、

前記半導体センサチップ支持用の台座を備え、前記半導体センサチップを前記台座に支持するための支持部材として、当該半導体センサチップ及び台座間での電位差発生を抑制する機能を備えたものを使用することを特徴とする半導体加速度センサ。

【請求項13】 半導体センサチップ及び台座間の前記支持部材を介した抵抗値が $10^1 \sim 10^0 \Omega$ 以下に設定されることを特徴とする請求項12記載の半導体加速度センサ。

20 【請求項14】 前記支持部材は、前記半導体センサチップ及び台座間を接着するための導電性接着剤であることを特徴とする請求項12または13記載の半導体加速度センサ。

【請求項15】 前記支持部材は、前記半導体センサチップ及び台座間を接着するための接着剤と、これに配合された複数のビーズとにより構成され、それら複数のビーズの少なくとも1個が導電性ビーズにより形成されたものであることを特徴とする請求項12または13記載の半導体加速度センサ。

30 【請求項16】 前記導電性ビーズは、樹脂ビーズの表面に導電性材料をコーティングして形成されることを特徴とする請求項15記載の半導体加速度センサ。

【請求項17】 前記支持部材は、前記半導体センサチップ及び台座間を接着するための可撓性接着剤と、これに配合された複数の樹脂ビーズとにより構成され、それら複数の樹脂ビーズの少なくとも1個が導電性材料をコーティングした導電性ビーズにより形成されたものであることを特徴とする請求項12または13記載の半導体加速度センサ。

40 【請求項18】 前記支持部材は、前記半導体センサチップ及び台座間を接着するための接着剤と、これに配合されたカーボン粉末とにより構成されていることを特徴とする請求項12または13記載の半導体加速度センサ。

【請求項19】 前記支持部材は、前記半導体センサチップ及び台座間を接着するための導電性接着シートであることを特徴とする請求項12または13記載の半導体加速度センサ。

50 【請求項20】 前記支持部材は、前記半導体センサチップ側または台座側に一体に形成された突起部と、それ

ら半導体センサチップ及び台座を上記突起部を介して互いに接触させた状態に保持するための接着剤により構成されていることを特徴とする請求項12または13記載の半導体加速度センサ。

【請求項21】 梁部を介して支持された重錘部を有し、上記梁部に形成された抵抗要素のピエゾ抵抗効果を利用して ± 1 G前後までの加速度を検知できるように構成された半導体センサチップを備えた半導体加速度センサにおいて、

前記半導体センサチップ支持用の台座と当該半導体センサチップとを同一材料により一体に形成したことを特徴とする半導体加速度センサ。

【請求項22】 前記半導体センサチップ及び台座は、不純物濃度依存性エッチングにより形成されることを特徴とする請求項21記載の半導体加速度センサ。

【請求項23】 前記半導体センサチップに対する静電気の影響を除去するように静電シールドを施したことを特徴とする請求項1ないし22の何れかに記載の半導体加速度センサ。

【請求項24】 前記静電シールドは、前記半導体センサチップ及び台座を収納するためのハウジングに形成されることを特徴とする請求項23記載の半導体加速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ピエゾ抵抗係数が大きな半導体材料を利用して加速度を検知するようにした半導体加速度センサ、特に、 ± 1 G前後以下の比較的低いレベルの加速度を検知できるように構成された半導体加速度センサに関する。

【0002】

【従来の技術】図35及び図36には、従来知られた半導体加速度センサの一例が示されている。図35は半導体加速度センサの中核をなす半導体センサチップの平面形状を示し、図36は半導体加速度センサの概略的な断面構造を示している。

【0003】図35において、半導体センサチップ1は、シリコン単結晶基板を利用して形成されたもので、第1フレーム2の内側に、第2フレーム3をアーム部4を介して片持ち状に支持すると共に、第2フレーム3の内側に、重錘部5を4本の梁部6を介して両持ち状に支持した形態となっている。この場合、上記各梁部6（加速度が作用したとき大きな歪みが発生する部分）には、拡散法などによって抵抗要素（図示せず）が形成されるものであり、これらの抵抗要素により構成した歪みゲージを利用して加速度を検知する構成とされる。

【0004】図36に示す半導体加速度センサ7において、半導体センサチップ1は、その第1フレーム2がガラス台座8の周縁部に陽極接合され、以て当該ガラス台座8上に支持される。このような支持構造とすることに

より、半導体センサチップ1及びガラス台座8間の熱膨張係数の相違に起因した歪みが梁部6（抵抗要素部分）に及ぶ事態を、アーム部4（図35参照）にて吸収する構成としている。尚、ガラス台座8には、重錘部5及び梁部6と対応する位置に凹部8aが形成されており、この凹部8aと重錘部5との間には $400\mu\text{m}$ 程度のギャップが存するようになっている。

【0005】上記半導体センサチップ1及びガラス台座8は、セラミック基板9上に処理回路10などと共に搭載されると共に、その搭載状態で金属ケース11内に収納される。この場合、金属ケース内11にはオイル12が充填されるものであり、そのオイル12により半導体センサチップ1が有する前記重錘部5のダンピングを行うようにしている。尚、処理回路10と半導体センサチップ1との間はボンディングワイヤ13により接続される構成となっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記のような従来構成では、オイル12の漏れを防ぐための封止構造が必要になるなど、総じて構造の複雑化を招くという問題点がある。しかも、近年では、自動車のABS或いは旋回中横滑り防止装置などの用途において、1 G前後以下の比較的低いレベルの加速度を検知するニーズが高まっているが、上記のようなオイルダンピングを利用した従来構成の加速度センサでは、検知可能な加速度を十分に下げることが困難になるという事情もあった。

【0007】そこで、近年では、マイクロマシニング技術を駆使することにより、上記のような問題点を一挙に解決した上で、 ± 1 G前後以下の比較的低いレベルの加速度を検知するというニーズに応え得る構造とした半導体加速度センサが考えられている。

【0008】具体的には、半導体センサチップを、これの材料と同等の熱膨張係数を有した材料（望ましくは同じ材料）より成る台座上に支持する構成を採用することにより、両者の熱膨張係数の相違に起因した歪みによる悪影響を除去する。また、半導体センサチップの重錘部と台座との間に形成されるエアギャップにより重錘部のエアダンピングを行う構成を採用することにより、図36で示したようなオイル12及びこれの封止構造を不要にして構造の簡単化を実現すると共に、梁部などの加工精度を高めることにより ± 1 G前後以下の比較的低いレベルの加速度を検知可能な状態とする。

【0009】ところで、このような構成の半導体加速度センサを実際に製造して、その出力特性、特にセンサ特性の基準となる加速度零の状態での出力値（以下、これを0 G出力と呼ぶ）を測定すると、測定毎に0 G出力がばらつくという現象が発生した。本願発明者は、このような現象について、多岐にわたる実験並びに実験結果の分析を入念に繰り返し、その原因が半導体加速度センサ内部で発生する静電引力に起因するものであるという

結論に辿りついた。

【0010】即ち、半導体センサチップには、これを駆動するための電源電圧が印加された状態にあり、また、その半導体センサチップと台座との間にある程度の静電容量が存在することが避けられないため、半導体センサチップの重錘部の表面部と、この重錘部に所定のエアギャップを有して対向された台座の表面部とに、それぞれ異なる極性の電荷が集まるという静電誘導現象が発生し、これに伴う電界の影響によって、当該重錘部及び台座間に静電引力が働いて両者間のエアギャップの寸法が当初の設定値から変動し、斯様な変動が0G出力のばらつきの原因になることを突き止めた。また、上記0G出力の変動幅が、エアギャップ寸法の初期設定値や、半導体センサチップと台座との間に生ずる電位差に応じて異なるという現象があることも突き止めた。

【0011】本発明は上記のような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、加速度に応じて変位する重錘部とこれに対向された台座との間のギャップ寸法を管理する構成、或いは半導体センサチップと台座との間に生ずる電位差を抑制するための構成を採用するだけで安定した出力特性が得られるようにし、そして構造の簡単化を実現できるようにした半導体加速度センサを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記のような目的を達成するために、請求項1記載の手段を採用できる。この手段の最大の特徴は、半導体センサチップが有する重錘部と当該センサチップを支持する台座とを近接配置することにより、当該重錘部のエアダンピングを行うように構成した上で、それら重錘部及び台座間のエアギャップの寸法を $7\mu\text{m}$ 以上に設定したことにある。

【0013】本願発明者の実験によれば、梁部を介して支持された重錘部を有し、上記梁部に形成された抵抗要素のピエゾ抵抗効果を利用して $\pm 1\text{G}$ 前後までの加速度を検知できるようにした半導体センサチップにおいては、その重錘部及び台座間のエアギャップ寸法が $7\mu\text{m}$ 程度以上あれば、重錘部及び台座間に発生する静電引力に起因した0G出力（加速度零の状態での出力値）の変動が許容範囲内に収まることが確認されている。

【0014】従って、上記手段を採用したことにより、内部で発生する静電引力に起因した出力特性の劣化を防止できるようになり、安定した出力特性が得られることになる。また、従来構成のようなダンピング用のオイルが不要になるから、構造の簡単化を実現できる。しかも、請求項1記載の手段では、半導体センサチップ及びこれを支持する台座の熱膨張係数が同等な状態とされているから、当該半導体センサチップ及び台座間で発生する歪みを抑制できるようになる。

【0015】請求項2記載の手段は、重錘部及び台座間のエアギャップの寸法を $7\sim 15\mu\text{m}$ の範囲に設定した

ことに特徴を有する。この場合、本願発明者の実験によれば、重錘部及び台座間のエアギャップの寸法が $15\mu\text{m}$ 程度以下であれば十分なエアダンピング効果が得られることが判明している。従って、上記手段を採用したことにより、重錘部の振動に起因した出力特性の劣化も同時に防止できるようになる。

【0016】請求項3記載の手段は、重錘部及び台座間のエアギャップ寸法 d と、当該重錘部の底面積 S との関係を、 $0.01 \leq S/d^2 \leq 0.05$ を満たす状態としたこと、つまり重錘部の底面積 S の大きさに応じてエアギャップ寸法 d の設定値を変更する構成とした点に特徴を有する。

【0017】本願発明者の実験によれば、梁部を介して支持された重錘部を有し、上記梁部に形成された抵抗要素のピエゾ抵抗効果を利用して $\pm 1\text{G}$ 前後までの加速度を検知できるようにした半導体センサチップにおいては、上記 S/d^2 の値が 0.05 以下であれば、重錘部及び台座間に発生する静電引力に起因した0G出力の変動が許容範囲内に収まることが確認されている。また、 S/d^2 の値が 0.01 以上あれば十分なエアダンピング効果が得られることが判明している。

【0018】従って、上記手段を採用したことにより、内部で発生する静電引力に起因した出力特性の劣化、並びに重錘部の振動に起因した出力特性の劣化を同時に防止できるようになり、安定した出力特性が得られることになる。

【0019】請求項4記載の手段によれば、前記台座とこれに支持される半導体センサチップの枠体との間が、可撓性接着剤により接着されているから、台座側から半導体センサチップ側に作用する応力を緩和できて、出力特性のさらなる安定化を図り得るようになる。

【0020】請求項5記載の手段によれば、半導体センサチップを台座に支持するための枠体と、重錘部を支持するための補助枠とがアーム部を介して片持ち状に支持されているから、枠体側の機械的な歪みが上記アーム部分で吸収されることになり、結果的に出力特性の安定化に寄与できるようになる。

【0021】請求項6記載の手段によれば、重錘部及び台座間のエアギャップの寸法管理を、その台座と半導体センサチップ側の枠体との間に設けられたスペーサによって行うようにしているから、そのエアギャップの寸法管理を容易に行い得るようになる。

【0022】請求項7記載の手段によれば、台座側から半導体センサチップ側に作用する応力を可撓性接着剤により緩和できると共に、その接着剤に配合された樹脂ビーズにより、重錘部及び台座間のエアギャップの寸法管理を厳密且つ容易に行い得るようになる。また、樹脂ビーズは、弾性率が比較的低いという一般的性質があるから、その樹脂ビーズの存在が、上記可撓性接着剤による応力緩和機能を阻害する虞がなくなる。

【0023】請求項8記載の手段によれば、重錘部及び台座間のエアギャップの寸法管理を、台座側または枠体側に一体に形成した突起部により行う構成としたから、余分な部品が不要となる利点がある。

【0024】請求項9記載の手段によれば、台座に対して半導体センサチップに印加される電源電圧と同レベルの電圧を印加する電圧印加手段が設けられているため、台座及び半導体センサチップの電位が同レベルとなるように強制的に保持される。この結果、外部からの静電気による悪影響を排除できるようになって、0G出力の極端な変動を未然に防止できるようになる。

【0025】請求項10記載の手段によれば、重錘部の過大な変形が凸部により規制されるようになるから、過大な加速度が作用した場合において梁部が破損する虞がなくなる。

【0026】請求項11記載の手段を採用した場合には、バーニン処理によって、0G出力の初期特性のばらつきを抑制できるようになり、結果的に製造工程での歩留まりが向上するようになる。

【0027】また、前記目的を達成するために請求項12記載の手段を採用できる。この手段の特徴は、半導体センサチップを台座に対して支持する際に、当該半導体センサチップ及び台座間での電位差発生を抑制する機能を備えた支持部材を使用した点にある。

【0028】このような構成によれば、半導体センサチップ及び台座間で発生する電位差が小さくなるため、重錘部及び台座間に発生する静電引力も小さくなる。この結果、内部で発生する静電引力に起因した出力特性の劣化を防止できるようになり、安定した出力特性が得られることになる。また、このような効果を得るために、所定の電気的特性を備えた支持部材を設けるだけで済むから、構造の簡単化を実現できる。

【0029】請求項13記載の手段は、半導体センサチップ及び台座間の前記支持部材を介した抵抗値を10¹⁰Ω以下に設定したことに特徴を有する。本願発明者の実験によれば、半導体センサチップ及び台座間の抵抗値が10¹⁰Ω以下であった場合には、それらセンサチップ及び台座間で発生する電位差を許容範囲内に抑制できることが分かっている。従って、上記手段を採用したことにより、内部で発生する静電引力に起因した出力特性の劣化を効果的に防止できるようになる。

【0030】請求項15及び17記載の手段によれば、半導体センサチップ及び台座間で発生する電位差が小さくなって出力特性の劣化を防止できると共に、支持部材に含まれるビーズにより重錘部及び台座間のエアギャップの寸法を管理できるようになるから、請求項1に記載したような構成を併せて採用できるようになる。

【0031】特に請求項17記載の手段によれば、半導体センサチップを台座に支持するための支持部材が、それら半導体センサチップ及び台座間を接着するための可

撓性接着剤と、これに配合された複数個の樹脂ビーズとにより構成されているから、半導体センサチップ及び台座間で発生する電位差を小さくできると共に、台座側から半導体センサチップ側に作用する応力を緩和できるようになり、出力特性のさらなる安定化を図り得るようになる。

【0032】請求項21記載の手段によれば、半導体センサチップ支持用の台座と当該半導体センサチップとが同一材料により一体に形成されているから、半導体センサチップ及び台座間で発生する電位差が十分に小さくなり、重錘部及び台座間に発生する静電引力も大幅に小さくなる。この結果、内部で発生する静電引力に起因した出力特性の劣化を防止できるようになり、安定した出力特性が得られることになる。また、この手段によれば部品点数の削減も実現できるようになる。

【0033】請求項23及び24記載の手段によれば、外部からの静電気による影響が半導体センサチップに及ぶ事態が静電シールドにより阻止される。つまり、半導体センサチップに外部からの静電気が作用したときには、重錘部及び台座間に大きな静電引力が発生して0G出力の極端な変動を惹起する虞があるが、このような事態が上記静電シールドにより阻止されることになる。

【0034】

【発明の実施の形態】

(第1の実施形態)以下、本発明の第1実施例について図1～図11を参照しながら説明する。図1は半導体加速度センサの要部の断面構造、図2は当該半導体加速度センサの中核をなす半導体センサチップの平面形状をそれぞれ示しており、また、図3は半導体センサチップに形成されるブリッジ回路(歪みゲージ)の構成を模式的に示し、図4は当該ブリッジ回路を示している。

【0035】図2において、半導体センサチップ21は、例えばシリコン単結晶基板のようなピエゾ抵抗係数が大なる材料を電気化学エッチングして形成されるもので、3×3mm～4×4mm程度の大きさの枠体22の内側に、重錘部23を対象配置された4本の梁部24を介して両持ち状に支持した形態となっている。

【0036】上記各梁部24は、例えばシリコン単結晶基板上に形成したエピタキシャル層部分を利用して形成される。また、各梁部24には、拡散法などにより2個ずつの抵抗要素(図3及び図4に符号R11～R14、R21～R24を付して示す)が形成されるものであり、これらの抵抗要素により構成したブリッジ回路を利用して加速度を検知する構成とされる。

【0037】具体的には、図3に示すように、各梁部24にそれぞれ形成された抵抗要素R11・R12、R13・R14、R21・R22、R23・R24の各対は、重錘部23の変位に応じて一方が縮み変形すると共に、他方が伸び変形する位置関係に設けられる。そして、同一方向に変形する2個ずつの直列抵抗(R11とR21、R13とR23、R12

とR22、R14とR24)を一辺とするブリッジ回路を形成し、当該ブリッジ回路の一对の入力端T1及びT2、並びに一对の出力端T3、T4を、枠体22上に形成された4個のボンディングパッド22aに対して、薄膜状の配線パターンを介して接続している。

【0038】図4にも示すように、上記ブリッジ回路においては、同一方向に変形する抵抗要素が互に対向する辺に位置するように構成される。また、入力端子T1及びT2は、それぞれ電源端子+Vcc及びグランド端子GNDに接続され、出力端子T3及びT4はそれぞれ正側出力端子+V及び負側出力端子-Vに接続される。尚、ブリッジ回路の形成のためにも薄膜状の配線パターンが利用されるものであり、この配線パターンについては図1に符号aを付して示している。

【0039】この場合、上記抵抗要素のピエゾ抵抗効果を利用して±1G前後までの加速度を検知できるようにするために、例えば、重錘部23の重さが1.4mg前後に設定されると共に、梁部24の厚さ、幅、長さの各寸法が、それぞれ4~7μm、140~180μm、530~570μm程度に設定される。但し、これらの重さ及び各寸法は一例を挙げたに過ぎず、重錘部23の重さが変更された場合には、梁部24の厚さ、幅、長さの各寸法も当然変更されることになる。

【0040】図1において、半導体加速度センサ25(以下、Gセンサと略称する)は、前記半導体センサチップ21を枠体22を介して台座26に支持すると共に、これら半導体センサチップ21及び台座26の一体物を後述するハウジング27内に収納することにより構成されている。尚、上記台座26は、半導体センサチップ21と同等の熱膨張係数を有した材料、具体的には同じ材料であるシリコン基板により形成されている。

【0041】この場合、枠体22と台座26との間は、スペーサとしての複数の樹脂ビーズ28を配合した可撓性接着剤29により接着されるものであり、その接着状態では、半導体センサチップ21の重錘部23と台座26との間を十分に近接させることによって、当該重錘部23のエアダンピングを行うように構成している。具体的には、樹脂ビーズ28の直径を選択することによって、上記重錘部23及び台座26間のエアギャップの寸法を7~15μmの範囲、好ましくは8~15μmの範囲に設定している。

【0042】尚、一般的に、樹脂ビーズは弾性率が低いものであるが、本実施例で使用する樹脂ビーズ28は、弾性率が10GPa以下のものであることが望ましい。このような要求を満たすためには、ポリジニビルベン樹脂、シリコン樹脂、ウレタン樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、可撓性エポキシ樹脂、ビニル樹脂などを利用できる。

【0043】また、可撓性接着剤29としては、弾性率が500MPa以下であることが望ましく、例えば、シ

リコン樹脂、ウレタン樹脂、アクリル樹脂、ポリアミド樹脂、ポリイミド樹脂、可撓性エポキシ樹脂などを利用できる。

【0044】図5及び図6に示すように、台座26は、ハウジング27に形成された凹部27a内に収納された状態で、当該ハウジング27を構成するセラミック基板27b上に接着により固定される。このような接着には、複数の樹脂ビーズ30を配合した可撓性接着剤31が使用されるものであり(図1参照)、この場合においても、上述同様に、樹脂ビーズ30としては弾性率が10GPa以下のものを利用することが望ましく、また、可撓性接着剤31としては弾性率が500MPa以下のものを利用することが望ましい。

【0045】上記ハウジング27は、複数枚のセラミック基板27bを積層して構成されたもので、内部に前述した凹部27a及びこれに隣接した台状部27cを備えた箱状に形成されている。上記台状部27c上には、半導体センサチップ21に電源電圧を与えると共に、そのセンサチップ21による検出出力を増幅する機能を備えた増幅回路32と、この増幅回路32に印加する電源電圧のレベル調整などを行うための調整回路33とがダイボンディングされている。

【0046】ハウジング27を構成する上記セラミック基板27bには、各基板27b間に印刷形成した導電ペースト(図示せず)や、各基板27bを貫通するスルーホール(図示せず)などを利用して、電源供給や検出出力の取り出しを行うための複数の配線パターンが形成されている。

【0047】この場合、図6に示すように、ハウジング27の上縁部には、それらの配線パターンと接続された外部ターミナル27d群が設けられると共に、台状部27cには、同じく配線パターンと接続された内部ターミナル群27eが設けられる。尚、半導体センサチップ21及び増幅回路32間の接続、増幅回路32、調整回路33及び内部ターミナル群27eの各間は、ワイヤボンディング手段により接続される。

【0048】特に、図1及び図5に示すように、例えば、ハウジング27における前記凹部27aに臨むセラミック基板27bと、これの下方に位置したセラミック基板27bとの間には、アルミペースト、銅ペースト或いはタングステンペーストのような導電性材料より成る薄膜状の静電シールド34が全域に渡って形成されている。尚、この静電シールド34は、具体的に図示しないが、セラミック基板27bに形成したスルーホールなどを利用してグラウンドラインに接続される。

【0049】そして、ハウジング27上には、その内部を気密に封止するために、例えばセラミック基板より成る蓋部35(図5参照)が接着により配設されるものであり、以てGセンサ25が完成される。また、実際には、少なくとも半導体センサチップ21及びこれを支持

11

した状態の台座26に対しバーンイン処理を施すことにより出力特性の安定化を図っている。本実施例では、例えば、半導体センサチップ21に対し所定電圧(5~6V程度)を印加した状態で、所定温度(120℃程度)の雰囲気中に所定時間(6時間程度)以上曝すというバーンイン処理を施すようにしている。

【0050】上記した本実施例の構成によれば、以下に述べるような作用・効果を奏することができる。即ち、本実施例では、半導体センサチップ21が有する重錘部23と、当該センサチップ21を支持する台座26との間のエアギャップの寸法を7~15μmの範囲に設定することにより、重錘部23の振動を、その重錘部23及び台座26間のエアダンピングにより減衰させる構成としている。このような構成とする場合、上記エアギャップ寸法の大小がエアダンピングによる振動減衰量に深く関与していることは明らかである。

【0051】そこで、本願発明者は、上記のように構成されたGセンサ25、つまり、梁部24に形成された抵抗要素のピエゾ抵抗効果を利用して±1G前後までの加速度を検知できるようにした半導体センサチップ21を備えたGセンサ25について、重錘部23の振動と重錘部23及び台座26間のエアギャップの寸法との関係を実験により求めた。この実験は、Gセンサ25に対し、重錘部23に振動を印加した状態での振動減衰量(エアダンピング特性)を調べるという内容のものであり、その実験データが図9に示されている。

【0052】この図9から明らかなように、重錘部23及び台座26間のエアギャップの寸法が15μm程度以下であれば、一般的な仕様において十分なエアダンピング効果が得られることが分かるものであり、結果的に、重錘部23の振動に起因したGセンサ25の出力特性の劣化を防止できることになる。尚、より厳しい仕様、例えば振動減衰量が3dB以下の仕様を満足するためには、上記エアギャップ寸法を11.5μm程度以下とすれば良い。

【0053】また、本実施例において、重錘部23及び台座26間のエアギャップの寸法の下限値を7μmとした根拠は以下に述べる理由による。即ち、Gセンサ25におけるセンサ特性の基準となる加速度零の状態での出力値(以下、これを0G出力と呼ぶ)がばらつくという現象について、本願発明者が詳細に検討した結果、0G出力のレベルが常に一定方向へ変動し、しかもその変動方向は、重錘部23が台座26側に引き寄せられる方向であることを究明し、さらに、その変動原因がGセンサ25の内部で発生する静電引力に起因するものであるという結論を得た。

【0054】このような現象について、Gセンサ25の要部の断面構造を示す図7を参照しながら説明する。半導体センサチップ21には、これを駆動するための電源電圧が印加された状態にあり、また、その半導体センサ

12

チップ21と台座26との間が絶縁性がある可撓性接着剤29により接着されるなどの構成となっている関係上、両者間にある程度の静電容量が存在することが避けられない。

【0055】このため、図7に示すように、重錘部23における台座26と対向する側の表面部には例えば正の電荷(+)が集まり、また、台座26側には逆極性の負の電荷(-)が集まるという静電誘導現象が発生し、これに伴う電界の影響によって、当該重錘部23及び台座26間に次式で表される静電引力Fが発生する。

【0056】

$$【数2】 F = 1/2 \times \epsilon \times S \times (V/d)^2$$

但し、 ϵ は空気比誘電率、Sは重錘部23の底面積、Vは重錘部23及び台座26間の電位差、dはエアギャップの寸法を示す。

【0057】このような静電引力Fが発生した場合には、重錘部23が台座26側へ引き寄せられるため、0G出力のばらつきの原因になる。従って、上式からは、上記0G出力の変動幅が、重錘部23及び台座26間のエアギャップ寸法の初期設定値に応じて異なるということが分かる。

【0058】本願発明者は、上記のようにエアギャップの寸法が0G出力に及ぼす影響を計算及び実験で確認する作業を行った。即ち、図8には、半導体センサチップ21及び台座26間の電位差と0G出力の変動量との関係について、エアギャップの寸法を5μmから10μmまで1μmずつ変えた状態で計算した結果を示すものであり、その計算結果は実線による曲線で示されている。また、同図8には、エアギャップ寸法が6μmの状態での上記電位差と0G出力との関係を実測した値を黒丸印で示した。尚、この測定は、図7に示すように、定電圧電源36及び可変電圧電源37を利用して、半導体センサチップ21及び台座26間に複数段階のレベルの電位差を与えることにより行った。

【0059】図8において明らかなように、計算結果と実測値とはほとんど一致する。要するに、前述した静電引力Fを低減して、0G出力の変動が許容範囲内に収まるようにするためには、重錘部23及び台座26間のエアギャップ寸法をある程度大きくすることが必要であり、本実施例では、図8のような特性並びに半導体センサチップ21及び台座26間に印加される設計上の電位差が3.5V程度であるという事情に基づいて、上記エアギャップ寸法を7μm以上、好ましくは8μm以上(特に厳しい仕様が要求される場合には10μm以上)に設定している。

【0060】要するに、上述のようにエアギャップ寸法を設定した結果、重錘部23の振動に起因した出力特性の劣化を防止できると共に、内部で発生する静電引力に起因した出力特性の劣化も同時に防止できるようになり、安定した出力特性が得られることになる。

【0061】この場合、重錘部23及び台座26間のエアギャップ寸法の管理を、その台座26と半導体センサチップ21側の枠体22との間に介在された複数個の樹脂ビーズ28により行うようにしているから、そのギャップ寸法の管理を厳密且つ容易に行い得るようになり、出力特性の安定に寄与できるようになる。

【0062】また、重錘部23の振動減衰をエアダンピングにより行うようにした本実施例によれば、従来構成のようなダンピング用のオイルが不要になるから、構造の簡単化を実現できる。しかも、半導体センサチップ21及びこれを支持する台座26の熱膨張係数が同等な状態とされているから、当該半導体センサチップ21及び台座26間で発生する熱応力に起因した歪みを抑制できて、従来の半導体センサチップのように二重構造のフレームが不必要となり、全体の小形化を実現できるようになる。

【0063】台座26とこれに支持される半導体センサチップ21の枠体22との間が、低弾性率(500MPa以下)の可撓性接着剤29により接着されているから、台座26側から半導体センサチップ側21に作用する応力を緩和できて、出力特性のさらなる安定化を図り得るようになる。この場合、上記可撓性接着剤29にはスペーサとして機能する前記樹脂ビーズ28が配合された状態となっているが、この樹脂ビーズ28としては弾性率が比較的低い(10GPa以下)ものを使用しているから、その樹脂ビーズ28の存在が、上記可撓性接着剤29による応力緩和機能を阻害する虞がなくなる。

【0064】ところで、半導体センサチップ21に外部からの静電気が作用したときには、重錘部23及び台座26間に大きな静電引力が発生して0G出力の極端な変動を惹起する虞がある。これに対して、本実施例では、ハウジング27における底面部分の全域に、半導体センサチップ21に対する静電気の影響を除去するための静電シールド34を設ける構成としたから、外部からの静電気による影響が半導体センサチップ21に及ぶ事態を効果的に防止できて、0G出力の安定化に寄与できるようになる。

【0065】因みに、図10には、外部静電気量と0G出力との関係が静電シールド34の有無に応じてどのように変化するかを調べた実験結果を示す。この図10からは、静電シールド34を設けた場合には、外部からの静電気の影響によって0G出力が極端に変動する事態を確実に防止できることが分かる。

【0066】加えて、少なくとも半導体センサチップ21及びこれを支持した台座26に対し、当該半導体センサチップ21に対し所定電圧を印加した状態で、所定温度雰囲気中に所定時間以上晒すというバーンイン処理を施す構成としたから、0G出力の初期特性のばらつきを抑制できるようになり、結果的に、重錘部23及び台座26間のエアギャップの寸法を前述のように設定した構成

と相俟って、製造工程での歩留まりが向上するようになる。

【0067】因みに、図11には、バーンイン処理を施した多数個のGセンサ25について、その0G出力の変動状態をサンプリングした結果を示した、この図11からは、ほとんどのサンプルについて0G出力の変動量が小さくなっていることが分かるものであり、0G出力の変動量が、例えば ± 0.1 Gまで許容される場合には歩留まりが99%近くまで向上し、また、さらに厳しい仕様に対処できる ± 0.05 Gまで許容される場合には歩留まりが92%以上に向上することが分かる。

【0068】(第2の実施形態)図12ないし図14には本発明の第2実施例が示されており、以下これについて前記第1実施例と異なる部分のみ説明する。図13において、半導体センサチップ21側に設けられた4個のボンディングパッド22a(第1実施例中の図3参照)は、増幅回路32側に設けられた4個のボンディングパッド32aに対してボンディングワイヤ38により接続される。この場合、増幅回路32側のボンディングパッド32aのうち、半導体センサチップ21の電源端子+Vcc(図3参照)に電源電圧を供給するためのものは、当該半導体センサチップ21の台座26に形成されたボンディングパッド26aに対して、図12にも示すようにボンディングワイヤ39(本発明でいう電圧印加手段に相当)により接続される。

【0069】このような構成とした結果、台座26に対して、半導体センサチップ21に印加される電源電圧と同レベルの電圧がボンディングワイヤ39を通じて印加されることになる。このため、台座26及び半導体センサチップ21の電位を同レベルとなるように強制的に保持できて、外部からの静電気による悪影響を排除できるようになるから、0G出力の極端な変動を未然に防止できるようになる。

【0070】因みに、図14には、外部静電気量と0G出力との関係がボンディングワイヤ39の有無に応じてどのように変化するかを調べた実験結果を示す。この図14からは、ボンディングワイヤ39を設けた場合には、外部からの静電気の影響によって0G出力が極端に変動する事態を確実に防止できることが分かる。

【0071】尚、本実施例では、静電シールド34を併せて設けることにより、外部からの静電気による悪影響の除去に万全を期するようにしているが、ボンディングワイヤ39を設ける場合には、静電シールド34は必要に応じて設ければ良いものである。

【0072】(第3の実施形態)図15及び図16には、前記第1実施例に変更を加えた本発明の第3実施例が示されており、以下これについて異なる部分のみ説明する。本実施例では、台座26側における重錘部23との対向面に、例えば4個の凸部26bを一体に形成することにより、それら凸部26bを重錘部23及び台座2

15

6間のエアギャップに位置させる構成とし、以て重錘部23の過大な変形を上記凸部26bにより規制するようにした点に特徴を有する(図16では説明の便宜上、エアギャップを拡大した状態で示している)。

【0073】この場合、凸部26bは、例えば台座26に対しエッチング(異方性エッチング、電気化学エッチングなど)を施すことにより形成されるものであり、本実施例では、4本の梁部24と対応した位置に対象配置する構成としている。

【0074】このような構成とした本実施例によれば、重錘部23が大きく変形した場合に、当該重錘部23が凸部26bに当接することにより、重錘部23のそれ以上の変形が規制されるようになる。この結果、半導体センサチップ21に大きな加速度が作用した場合でも、梁部24に過大なねじれ力が作用する事態が未然に防止されるようになり、以て当該梁部24が破損する虞がなくなつて製品としての信頼性が高くなる。

【0075】尚、この第3実施例では、凸部26bを4個設けるようにしたが、少なくとも1個以上の突部を設ける構成とすれば良く、また、凸部26bを台座26と一体に形成するようにしたが、別材料より成る凸部を接着などにより設ける構成としても良い。さらに、重錘部23側に、台座26との対向した状態で凸部を設ける構成としても良い。

【0076】(第4の実施形態)図17には、上記第3実施例にさらに変更を加えた本発明の第4実施例が示されており、以下これについて異なる部分のみ説明する。この第4実施例は、重錘部23及び台座26間のエアギャップ寸法の管理を、第1実施例における樹脂ビーズ28に代えて、台座26側に一体に形成した複数の突起部26c(スペーサに相当)により行う構成とした点に特徴を有する。この場合、上記突起部26cは、台座26に対しエッチングを施すことにより形成される。但し、実際には、図に示すように突起部26cと凸部26bとは高さなど形状を変えて形成するため、両者の形成には別工程のエッチングを行うことになる。

【0077】このような構成とした本実施例によれば、重錘部23及び台座26間のエアギャップの寸法管理を、台座26側に一体に形成した突起部26cにより行う構成としたから、樹脂ビーズ28(図1参照)が不要となる利点がある。

【0078】尚、上記第4実施例では、突起部26cを台座26側に形成するようにしたが、半導体センサチップ21の枠体22側にスペーサとして機能する突起部を形成する構成としても良い。また、凸部26bは必要に応じて設ければ良い。

【0079】(第5の実施形態)ところで、上記した第1ないし第4実施例では、センサ全体の小形化を実現するために、重錘部23を梁部24を介して支持して成る枠体22を台座26に対し接着する構成(二重構造のフ

16

レームを廃止する構成)としたが、例えば自動車の旋回中横すべり防止装置のような用途に対応するために、きわめて高い検出精度が必要となる場合には、二重構造のフレームを採用することも視野に入れることが望ましい。

【0080】図18ないし図25には、上記のような二重フレーム構造を採用した本発明の第5実施例が示されており、以下これについて説明する。図18は半導体加速度センサの要部の断面構造、図19は当該半導体加速度センサの中核をなす半導体センサチップの平面形状をそれぞれ示しており、また、図20は半導体センサチップに形成されるブリッジ回路の構成を模式的に示している。

【0081】図19において、半導体センサチップ41は、例えばシリコン単結晶基板のようなピエゾ抵抗係数が大なる材料を電気化学エッチングして形成されるもので、 $7 \times 7 \text{ mm} \sim 8 \times 8 \text{ mm}$ 程度の大きさの矩形補助枠42の内側に、コ字形状の枠体43をアーム部44を介して片持ち状に支持すると共に、枠体43の内側に、重錘部45を対象配置された4本の梁部46を介して両持ち状に支持した形態となっている。

【0082】上記各梁部46は、前記第1実施例と同様に、例えばシリコン単結晶基板上に形成したエピタキシャル層部分を利用して形成されるもので、各梁部46には、拡散法などにより2個ずつの抵抗要素(図20に符号R11~R14、R21~R24を付して示す)が形成されるものであり、これらの抵抗要素により構成したブリッジ回路を利用して加速度を検知する構成とされる。

【0083】具体的には、図20に示すように、各梁部46にそれぞれ形成された抵抗要素R11・R12、R13・R14、R21・R22、R23・R24の各対は、重錘部45の変位に応じて一方が縮み変形すると共に、他方が伸び変形する位置関係に設けられる。そして、同一方向に変形する2個ずつの直列抵抗(R11とR21、R13とR23、R12とR22、R14とR24)を一辺とするブリッジ回路を形成し、当該ブリッジ回路の一对の入力端T1及びT2、並びに一对の出力端T3、T4を、補助枠42上に形成された4個のボンディングパッド42aに対して、薄膜状の配線パターンを介して接続している。

【0084】この場合、上記抵抗要素のピエゾ抵抗効果を利用して $\pm 1 \text{ G}$ 前後までの加速度を検知できるようにするために、例えば、重錘部45の重さが6mg前後に設定されると共に、梁部46の厚さ、幅、長さの各寸法が、それぞれ $3 \sim 6 \mu\text{m}$ 、 $220 \sim 280 \mu\text{m}$ 、 $470 \sim 530 \mu\text{m}$ 程度に設定される。但し、これらの重さ及び各寸法は一例を挙げたに過ぎず、重錘部45の重さに変更された場合には、梁部46の厚さ、幅、長さの各寸法も当然変更されることになる。

【0085】図18において、半導体加速度センサ47(以下、Gセンサと略称する)は、前記半導体センサチ

ップ41を補助枠42を介して台座48に支持すると共に、その台座48を厚膜基板49上に接着することにより構成されている。尚、上記台座48は、半導体センサチップ41と同等の熱膨張係数を有した材料、具体的には同じ材料であるシリコン基板により形成されている。

【0086】この場合、台座48及び厚膜基板49間の接着には、複数の樹脂ビーズ30を配合した可撓性接着剤31が使用されるものである。また、具体的に図示しないが、厚膜基板49上には、半導体センサチップ41に電源電圧を与えると共に、そのセンサチップ41による検出出力を増幅する機能を備えた増幅回路と、この増幅回路に印加する電源電圧のレベル調整などを行うための調整回路などが搭載される。さらに、このように半導体センサチップ41及び増幅回路などを搭載した状態の厚膜基板49は、入力出力用のターミナルを備えた例えば金属製のケース内に収納される。

【0087】この場合、補助枠42と台座48との間は、前記第1実施例と同様に、スペーサとしての複数の樹脂ビーズ28を配合した可撓性接着剤29により接着されるものであり、その接着状態では、半導体センサチップ41の重錘部45と台座48との間を十分に近接させることによって、当該重錘部45のエアダンピングを行うように構成している。具体的には、樹脂ビーズ28の直径を選択することによって、上記重錘部45及び台座48間のエアギャップの寸法を10～22μmの範囲に設定している。

【0088】また、重錘部45及び台座48間のエアギャップ寸法をd、当該重錘部45の底面積をSとした場合、それらエアギャップ寸法d及び底面積Sの関係を、次式を満たす値に設定している。

【0089】

【数3】 $0.01 \leq S/d^2 \leq 0.05$ ……①

上記した第5実施例の構成によれば、以下に述べるような作用・効果を奏することができる。

【0090】本実施例では、半導体センサチップ41が有する重錘部45と、当該センサチップ41を支持する台座48との間のエアギャップの寸法を10～22μmの範囲に設定することにより、重錘部45の振動を、その重錘部45及び台座48間のエアダンピングにより減衰させる構成としている。

【0091】本願発明者は、本実施例のような二重フレーム構造を有したGセンサ47、つまり、補助枠42と、これの内側にアーム部44を介して片持ち状に支持された枠体43と、この枠体43の内側に重錘部45を両持ち状に支持するように設けられた4本の梁部46とを備え、その梁部46に形成された抵抗要素のピエゾ抵抗効果を利用して±1G前後までの加速度を検知できるようにした半導体センサチップ41を備えたGセンサ47について、重錘部45の振動と重錘部45及び台座48間のエアギャップの寸法との関係を実験により求め

た。この実験は、Gセンサ47に対し、重錘部45に振動を印加した状態での振動減衰量（エアダンピング特性）を調べるという内容のものであり、その実験データが図22に示されている。

【0092】この図22から明らかなように、重錘部45及び台座48間のエアギャップの寸法が22μm程度以下であれば、振動減衰量の許容範囲が6dB程度以下の比較的厳しい仕様において十分なエアダンピング効果が得られることが分かるものであり、結果的に、重錘部45の振動に起因したGセンサ47の出力特性の劣化を防止できることになる。

【0093】また、本実施例において、重錘部45及び台座48間のエアギャップの寸法の下限値を10μmとした根拠は以下に述べる理由による。即ち、本願発明者は、Gセンサ47の0G出力が重錘部45及び台座48間に働く静電引力によりばらつくという現象を探るために、重錘部45及び台座48間のエアギャップ寸法が0G出力に及ぼす影響を計算及び実験で確認する作業を行った。

【0094】図21には、半導体センサチップ41及び台座48間の電位差と0G出力の変動量との関係について、エアギャップの寸法を10μmから20μmまで2μmずつ変えた状態で計算した結果を示すものであり、その計算結果は実線による曲線で示されている。また、同図21には、エアギャップ寸法が16μmの状態での上記電位差と0G出力との関係を実測した値を黒丸印で示した。

【0095】図21において明らかなように、計算結果と実測値とはほとんど一致する。前記第1実施例でも説明したように、重錘部45及び台座48間に働く静電引力を低減して、0G出力の変動が許容範囲内に収まるようにするためには、重錘部45及び台座48間のエアギャップ寸法をある程度大きくすることが必要である。本実施例では、図21のような特性並びに半導体センサチップ41及び台座48間に印加される設計上の電位差が3.5V程度であるという事情に基づいて、0G出力の変動許容範囲が比較的厳しい仕様である0.05V以下であった場合に、上記エアギャップ寸法が10μm以上となるように設定している。

【0096】要するに、上述のようにエアギャップ寸法を設定した結果、重錘部45の振動に起因した出力特性の劣化を防止できると共に、内部で発生する静電引力に起因した出力特性の劣化も同時に防止できるようになり、自動車の旋回中横すべり防止装置用のような厳しい仕様に対処可能な安定した出力特性が得られることになる。

【0097】また、実際には、重錘部45及び台座48間のエアギャップ寸法は、エアダンピング特性に影響を与える重錘部45の底面積の大小も加味して決定することが望ましいものであり、本実施例では、前記①式に示

すように、エアギャップ寸法を d 、底面積を S とした場合、 S/d^2 の値が、 $0.01 \sim 0.05$ の範囲となるように設定することにより、 $0G$ 出力の安定化を図っている。

【0098】本実施例において、 S/d^2 の最大値を 0.05 、最小値を 0.01 とした根拠は以下に述べる理由による。即ち、本願発明者は、 S/d^2 の値が $0G$ 出力に及ぼす影響を確認するために、図23に示すように、半導体センサチップ41及び台座48間の電位差と $0G$ 出力の変動量との関係が、 S/d^2 の値(図23の例では $0.01 \sim 0.07$)に応じてどのように変化するかを算出した。

【0099】図23において明らかなように、 $0G$ 出力の変動が許容範囲内に収まるようにするためには、 S/d^2 の値をある程度小さくすることが必要である。つまり、図23のような特性並びに半導体センサチップ41及び台座48間に印加される設計上の電位差が $3.5V$ 程度であるという事情に基づいて、 $0G$ 出力の変動許容範囲が比較的厳しい仕様である $0.05V$ 以下であった場合、上記 S/d^2 の値を 0.05 以下に設定することが必要となる。

【0100】また、本願発明者は、 G センサ47について、重錘部45の振動と S/d^2 の値との関係を実験により求めた。この実験は、 G センサ47に対し、重錘部45に振動を印加した状態での振動減衰量を調べるといった内容のものであり、その実験データが図24に示されている。

【0101】この図24から明らかなように、 S/d^2 の値が 0.01 以上であれば、振動減衰量の許容範囲が $6dB$ 程度以下の比較的厳しい仕様において十分なエアダンピング効果が得られることが分かるものである。

【0102】ところで、上記第5実施例で用いた半導体センサチップ41は従来構成の半導体センサチップ(図35に符号「1」を付して示す)と基本的に同様形状のものである。この場合、本実施例では、半導体センサチップ41を、これと同等の熱膨張係数を有した台座48上に可撓性接着剤29により接着すると共に、オイルレスのエアダンピングを行う構成としたので、半導体センサチップ1をガラス台座8上に陽極接合すると共に、オイルダンピングを行う構成とした従来品に比べて温度特性が良好となるものである。

【0103】即ち、図25には、従来の G センサ(陽極接合あり、ダンピング用オイルあり)、従来品においてエアダンピングを行うようにした G センサ(陽極接合あり、ダンピング用オイルなし)、本実施例による G センサ47の複数のサンプルについて、センサ出力の温度特性の曲がりを測定した結果を示す。

【0104】図25は測定結果の分布(中心値を黒丸印で表現)を示すものであり、この図25から理解できるように、本実施例の G センサ47によれば、上記温度特

性の曲がりの許容範囲が比較的厳しい仕様である 0.6% 以下であった場合でも、当該仕様を十分に満たすようになる。

【0105】尚、上記第5実施例による G センサ47に対して、前記第1実施例と同様の静電シールドを施すことができる。また、前述した第2実施例のような構成(台座48及び半導体センサチップ41の電位を同レベルとなるように強制的に保持する構成)、第3実施例のような構成(重錘部45の過大な変形を規制するための凸部を設ける構成)、第4実施例のような構成(スペーサとしての樹脂ビーズ28に代えて突起部を設ける構成)を適用することもできる。

【0106】(第6の実施形態)図26ないし図31には本発明の第6実施例が示されており、以下これについて前記第1実施例と異なる部分のみ説明する。図26は半導体加速度センサの外観を示し、図27は図26のA-A線部分での断面構造を示している。これら図26及び図27において、半導体加速度センサ50(以下、 G センサと略称する)は、第1実施例と同様構成の半導体センサチップ21を、その枠体22を介して台座26に支持すると共に、これら半導体センサチップ21及び台座26の一体物を、ハウジング27を構成するセラミック基板27b上に接着することにより構成されている。尚、この接着には複数の樹脂ビーズ30を配合した可撓性接着剤31が使用される。

【0107】本実施例による G センサ50にあつては、上記枠体22と台座26の間を、支持部材としての接合材51により接着している。この接合材51は、可撓性接着剤51aに対して、複数のスペーサ用樹脂ビーズ51b(例えば直径 $8\mu m$ 程度)を例えば $0.1wt\%$ 程度配合することにより構成されている。この場合、それら複数の樹脂ビーズ51bの少なくとも1個を、表面に導電性材料である例えば金をメッキ(コーティング)した導電性ビーズとして形成し、以て半導体センサチップ21及び台座26間の接合材51を介した抵抗値が $10^1 \Omega$ 以下となるように設定している。

【0108】ここで、図28には、樹脂ビーズ51b群中に含まれる導電性ビーズが零個の場合における接合材51の抵抗値 R_1 と、樹脂ビーズ51b群全体が導電性ビーズであった場合における接合材51の抵抗値 R_2 とを、 G センサ50の一般的な使用温度範囲($-30^\circ C \sim 85^\circ C$)で評価した結果が示されている。但し、図28の特性は、樹脂ビーズ51bの配合量が $0.1wt\%$ 、金メッキされていない状態の樹脂ビーズ51bの抵抗値が $2.9 \times 10^{12} \Omega$ 、金メッキされた樹脂ビーズ51(導電性ビーズ)の抵抗値が数十 Ω の場合の例である。

【0109】この図28に示した評価結果では、樹脂ビーズ51b群全体が導電性ビーズとされた場合の接合材51の抵抗値 R_2 は 100Ω 程度になるものであるが、実際には、接合材51によって接合された状態での半導

体センサチップ21及び台座26間の抵抗値が $10^{10}\Omega$ 以下になるように、樹脂ビーズ51b中に占める導電性ビーズの割合を決定すれば良い。但し、本実施例のように、金メッキを施した樹脂ビーズを用いる場合には、樹脂ビーズ51bのうちの少なくとも1個の導電性ビーズが半導体センサチップ21及び台座26間を電気的に接続した状態になれば、半導体センサチップ21及び台座26間の接合材51を介した抵抗値が $10^{10}\Omega$ 以下になるものである。

【0110】尚、本実施例で使用する可撓性接着剤51aは、弾性率が500MPa以下であることが望ましく、例えば、シリコン樹脂、ウレタン樹脂、アクリル樹脂、ポリアミド樹脂、ポリイミド樹脂、可撓性エポキシ樹脂などを利用する。また、樹脂ビーズ51bは、弾性率が10GPa以下のものであることが望ましく、このため、ポリジニビルベンゼン樹脂、シリコン樹脂、ウレタン樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、可撓性エポキシ樹脂、ビニル樹脂などを利用する。

【0111】また、接合材51中に配合する樹脂ビーズ51bの量は、以下に述べる事情を考慮して決定されたものである。即ち、本願発明者らは、Gセンサ50について、接合材51中に樹脂ビーズ51bを配合しないものから0.55wt%程度配合したものまで種々のサンプルを用意して、温度ストレス試験である低温放置試験を実施した。この低温放置試験は、室温状態でサンプルの感度S0を測定してから、-40℃の雰囲気中に所定時間放置し、この後に室温に戻して感度S1を測定するまでの過程を1サイクルの試験として設定したものである。

【0112】図29は、低温放置試験の前後での感度変動 $\Delta S(=(S0-S1)\times 100/S0(\%))$ を、接合材51への樹脂ビーズ51bの配合量を変えた状態で測定した結果を示すものである。この結果から、感度変動 ΔS が、例えば $\pm 1G$ 前後までの加速度の検出領域で精度良く検出する範囲である $\pm 2\%$ 程度に設定されている場合には、樹脂ビーズ51bの配合量を0.1wt%程度以下にする必要があることが分かった。尚、配合量の下限値は、理論的には重錘23及び台座26間のスペースを確保するために接着面内に最低3個の樹脂ビーズ51bが適度な間隔をもって配置されるような値とすれば良いが、実際の工程能力との関係から、経験的な値として0.03wt%程度が適当な下限値になることが分かった。

【0113】上記のような構成とした本実施例によれば、半導体センサチップ21に印加される電源電圧と同レベルの電圧が、台座26に対して樹脂ビーズ51b群中の導電性ビーズを通じて印加されることになるため、半導体センサチップ21及び台座26間で発生する電位差が小さくなる。

【0114】即ち、この電位差をVとした場合、次式が

得られる。

【数4】

$$V = V_0 \times (1 - e^{-\frac{T}{CR}})$$

但し、 V_0 は電圧印加初期の電位差、Cは半導体センサチップ21及び台座26間の静電容量、Rは半導体センサチップ21及び台座26間の抵抗値、Tは時定数である。

【0115】上式からは、半導体センサチップ21及び台座26間の抵抗値Rが小さくなるのに応じて、電位差Vが低下することが分かる。本実施例では、半導体センサチップ21及び台座26間の抵抗値が $10^{10}\Omega$ 以下となるように構成しており、このような構成によれば、半導体センサチップ21及び台座26間で発生する電位差が十分に小さくなるため、重錘23及び台座26間に発生する静電引力も小さくなる。この結果、Gセンサ50の内部で発生する静電引力に起因した出力特性の劣化を防止できるようになり、安定した出力特性が得られることになる。また、このような効果を得るために、所定の電気的特性を備えた接合材51を利用するだけで済むから、構造の単純化も実現できることになる。

【0116】図30には、半導体センサチップ21及び台座26間が絶縁された状態（樹脂ビーズ51b群中に含まれる導電性ビーズが零個の場合に相当）のサンプルについて、半導体センサチップ21に3.2Vの電圧を加えた状態で、台座26に対し異なるレベルの電圧を加えたときのセンサ出力の変動量を測定した実験結果を示す。この結果からは、台座26の電位が半導体センサチップ21と同電位となるとときにセンサ出力の変動が最小になることが分かる。

【0117】また、図31には、バーニン処理を施した多数個のGセンサ50について、その0G出力の変動状態をサンプリングした結果を示した。この図31からは、ほとんどのサンプルについて、0G出力の変動量が小さくなっていることが分かるものであり、0G出力の変動量が例えば $\pm 0.05G$ までしか許容されない厳しい仕様であっても、歩留まりが97%以上に向上することが分かる。

【0118】尚、上記6実施例のような構成を採用する場合には、半導体センサチップ21及び台座26間を接合材51により接着する際に、その接合材51に対し圧縮力が働くようにすることが望ましく、このようにすれば、樹脂ビーズ51b内の導電性ビーズによる半導体センサチップ21及び台座26間の電気的な接続状態を確実なものとすることができる。

【0119】また、上記第6実施例では、樹脂ビーズの表面に金メッキを施した導電性ビーズを用いる構成としたが、樹脂ビーズの表面に銀などの導電性材料をメッキ（コーティング）した導電性ビーズを用いたり、全体が金属より成る導電性ビーズを用いる構成としても良い。

接合材51として、可撓性接着剤51aに樹脂ビーズ51bを配合したものをを用いたが、接着剤と複数のビーズ（導電性ビーズを少なくとも1個含む）とを組み合わせる接合材を用いれば良いものである。

【0120】接合材51に代えて、半導体センサチップ21及び台座26間を接着するための導電性接着剤より成る接合材を用いても良い。また、接合材51に代えて、半導体センサチップ21及び台座26間を接着するための接着剤と、これに配合されたカーボン粉末とより成る接合材を用いても良い。さらに、接合材51に代えて、半導体センサチップ21及び台座26間を接着するための導電性接着シートより成る接合材を用いても良い。

【0121】（第7の実施形態）図32には上記第6実施例に変形を加えた本発明の第7実施例が示されており、以下これについて異なる部分のみ説明する。この第7実施例は、半導体センサチップ21を台座26に支持するための支持部材として、第6実施例における接合材51に代えて、例えば台座26側に一体に形成した複数の突起部52aと、半導体センサチップ21及び台座26を上記突起部52aを介して互いに接触させた状態に保持するための導電性接着剤52bより成る支持部材52を設けた構成に特徴を有する。この場合、上記突起部52aは、台座26に対しエッチングを施すことにより形成される。また、導電性接着剤52bとしては、弾性率が500MPa以下のものを使用することが望ましい。

【0122】このような構成とした本実施例によれば、半導体センサチップ21に印加される電源電圧と同レベルの電圧が、台座26に対して突起部52a及び導電性接着剤52bを通じて印加されることになるため、半導体センサチップ21及び台座26間で発生する電位差が小さくなるものであり、結果的に前記第6実施例と同様の効果を奏することができる。特に、本実施例によれば、半導体センサチップ21側の重錘部23及び台座26間のエアギャップの寸法管理を、台座26側に一体に形成した突起部26cにより行い得る利点がある。

【0123】尚、上記第7実施例では、突起部26cを台座26側に形成するようにしたが、半導体センサチップ21の枠体22側に突起部を形成する構成としても良い。また、半導体センサチップ21及び台座26間の突起部52aを介した電気的な接続状態が確実なものとなるのであれば、導電性接着剤52aに代えて通常の接着剤を使用することができる。

【0124】（第8の実施形態）図33及び図34には上記第6実施例に対しさらなる変形を加えた本発明の第8実施例が示されており、以下これについて異なる部分のみ説明する。この第8実施例は、半導体センサチップ21と台座26とを同一材料（例えばシリコン単結晶基板）により一体に形成したことに特徴を有するもので、

図33は半導体加速度センサの外観を示し、図34は図33のB-B線部分での断面構造を示している。

【0125】これら図33及び図34において、半導体センサチップ21及び台座26を一体物であるセンサユニット53を製造する際には、不純物濃度依存性エッチングを用いる。この場合には、シリコン単結晶基板材料におけるエッチング対象部分に、高濃度（ $10^{19}/\text{cm}^3$ 以上）のP⁺若しくはN⁺領域を埋め込み拡散やイオン注入により形成し、HF-HNO₃-CH₃COOH系のエッチング液により上記高濃度領域のみを選択的にエッチングすることにより、半導体センサチップ21と台座26とを一体に有したセンサユニット53を形成する。

【0126】このような構成とした本実施例によれば、半導体センサチップ21と台座26とが同一材料により一体に形成されているから、半導体センサチップ21及び台座26間で発生する電位差が十分に小さくなり、重錘部23及び台座26間に発生する静電引力も大幅に小さくなる。この結果、本実施例においても、内部で発生する静電引力に起因した出力特性の劣化を防止できるようになり、安定した出力特性が得られることになる。また、この手段によれば第6実施例のような接合材51が不要になると共に、部品点数の削減も実現できるようになる。

【0127】（その他の実施形態）その他、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、次のような変形または拡張が可能である。半導体センサチップ21或いは41などを、シリコン単結晶基板により形成したが、ピエゾ抵抗係数が大なる他の材料により形成しても良い。ハウジング27及び蓋部35の材料はセラミックに限らず、ガラスなどの絶縁材料や金属にて形成することができる。静電シールド34は、ハウジング27における底面部分の全域に設ける構成としたが、蓋部35にも設ける構成、半導体センサチップ21の底面に対応した部分のみに設ける構成、或いは当該センサチップ21を覆う位置のほぼ全体に設ける構成とするなど、種々の形態を実施できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示す要部の縦断面図

【図2】半導体センサチップの平面図

【図3】半導体センサチップに形成されるブリッジ回路の構成を模式的に示す図

【図4】ブリッジ回路の結線図

【図5】全体の縦断面図

【図6】蓋部を除去した状態での全体の平面図

【図7】作用説明用の要部の縦断面図

【図8】半導体センサチップ及び台座間の電位差と0G出力との関係をエアギャップ寸法をパラメータとして示す特性図

【図9】エアダンピング特性をエアギャップ寸法をパラ

25

26

メータとして示す図

【図10】外部静電気量と0G出力との関係を示す特性図

【図11】バーンイン処理を行った後に0G出力の変動状態をサンプリングした結果を示す図

【図12】本発明の第2実施例を示す図5相当図

【図13】図6相当図

【図14】図10相当図

【図15】本発明の第3実施例を示す半導体センサチップ及び台座部分の平面図

【図16】半導体センサチップ及び台座部分の縦断面図

【図17】本発明の第4実施例を示す半導体センサチップ及び台座部分の縦断面図

【図18】本発明の第5実施例を示す図1相当図

【図19】図2相当図

【図20】図3相当図

【図21】図8相当図

【図22】図9相当図

【図23】半導体センサチップ及び台座間の電位差と0G出力との関係を S/d^2 （ S は重錘部の底面積、 d はエアギャップ寸法）の値をパラメータとして示す特性図

【図24】エアダンピング特性を S/d^2 の値をパラメータとして示す図

【図25】センサ出力の温度特性の曲がり測定した結果を示す図

【図26】本発明の第6実施例を示す要部の斜視図

【図27】図26のA-A線部分での断面図

【図28】接合材の抵抗値の評価結果を示す特性図

【図29】樹脂ビーズの配合量と感度変動との関係測定した結果を示す特性図

【図30】半導体センサチップ及び台座間が絶縁された状態のサンプルについてセンサ出力の変動量を測定した結果を示す特性図

【図31】バーンイン処理を行った後に0G出力の変動状態をサンプリングした結果を示す図

【図32】本発明の第7実施例を示す縦断面図

【図33】本発明の第8実施例を示す要部の斜視図

【図34】図33のB-B線部分での断面図

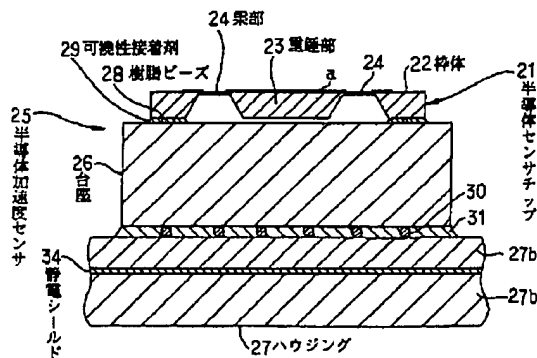
【図35】従来構成を示す半導体センサチップの平面図

【図36】同従来構成による半導体加速度センサ全体の縦断面図

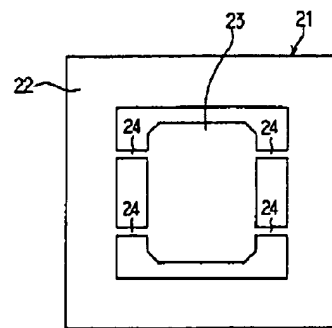
【符号の説明】

21…半導体センサチップ、22…枠体、23…重錘部、24…梁部、25…半導体加速度センサ、26…台座、26b…凸部、26c…突起部（スペーサ）、27…ハウジング、28…樹脂ビーズ（スペーサ）、29…可撓性接着剤、34…静電シールド、35…蓋部、39…ボンディングワイヤ（電圧印加手段）、41…半導体センサチップ、42…補助枠、43…枠体、44…アーム部、45…重錘部、46…梁部、47…半導体加速度センサ、48…台座、49…厚膜基板、50…半導体加速度センサ、51…接合材（支持部材）、51a…可撓性接着剤、51b…樹脂ビーズ、52…支持部材、52a…突起部、52b…導電性接着剤、53…センサユニット。

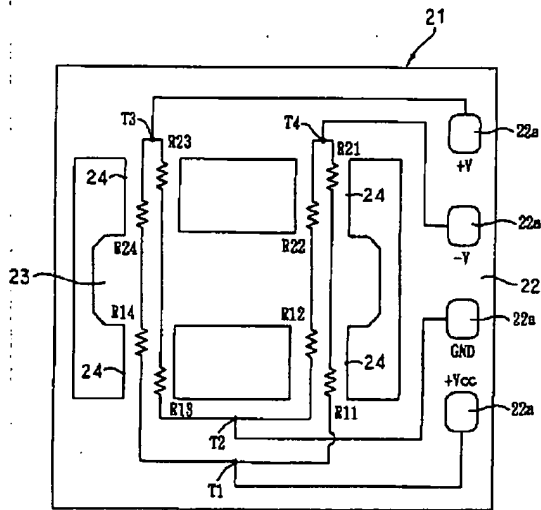
【図1】



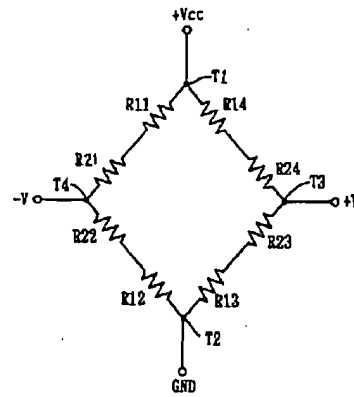
【図2】



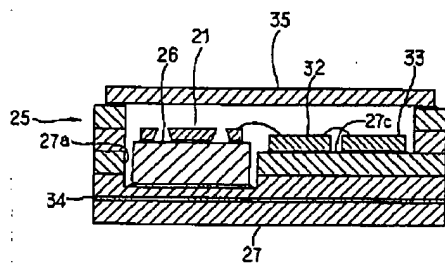
【図3】



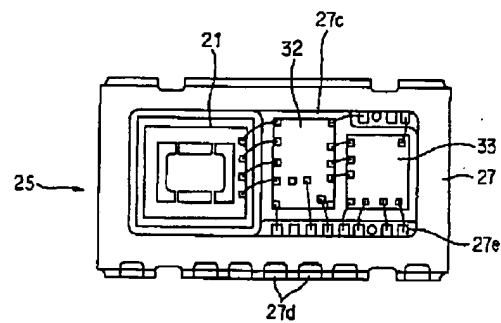
【図4】



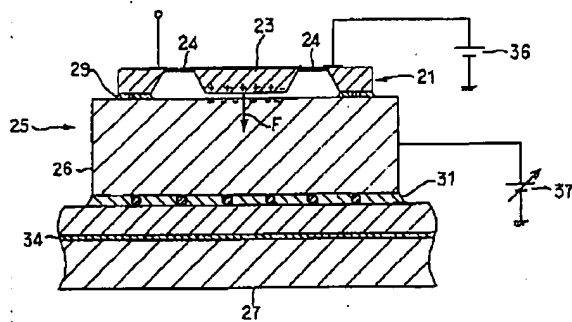
【図5】



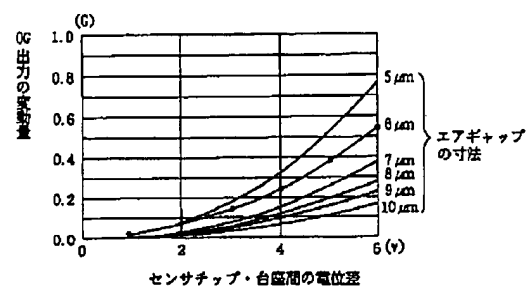
【図6】



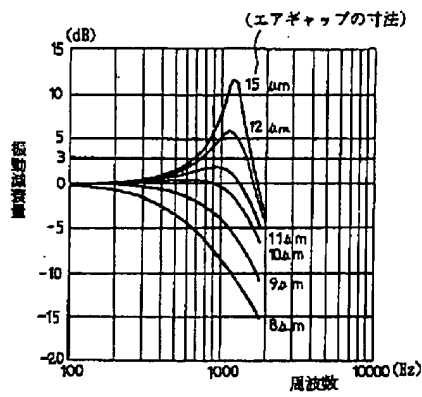
【図7】



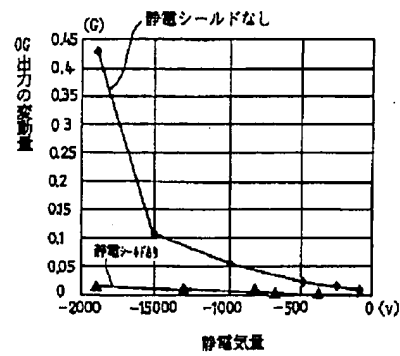
【図8】



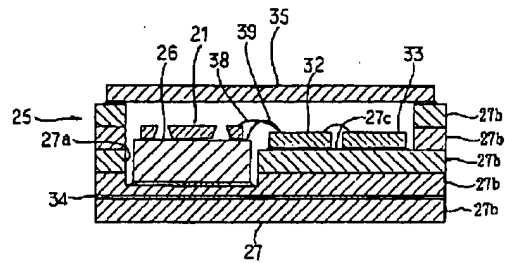
【図9】



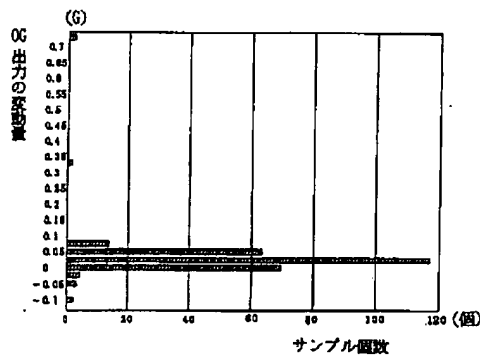
【図10】



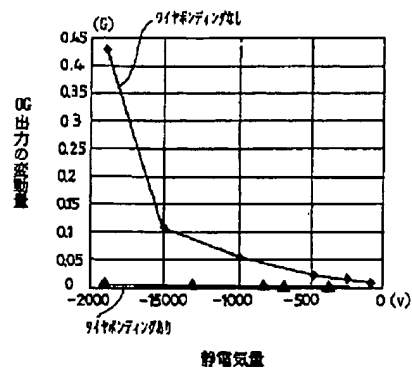
【図12】



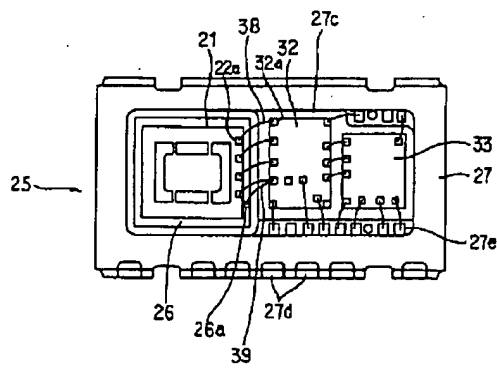
【図11】



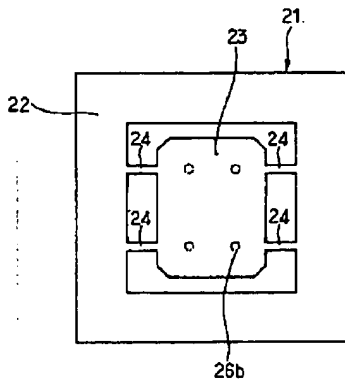
【図14】



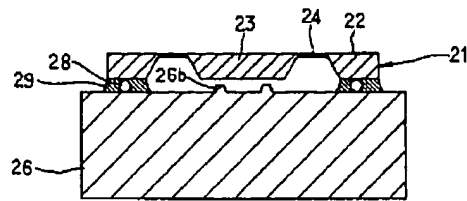
【図13】



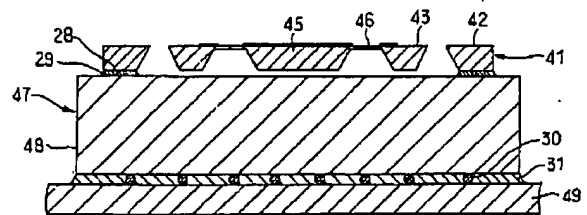
【図15】



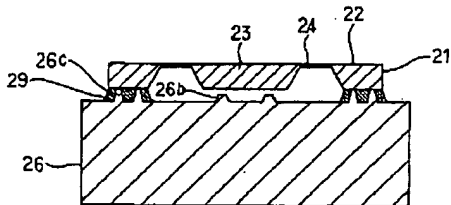
【図16】



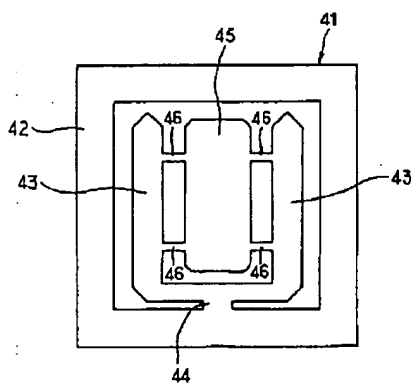
【図18】



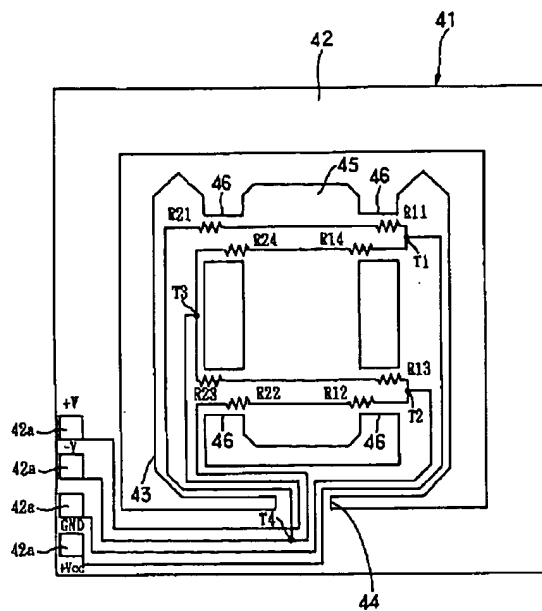
【図17】



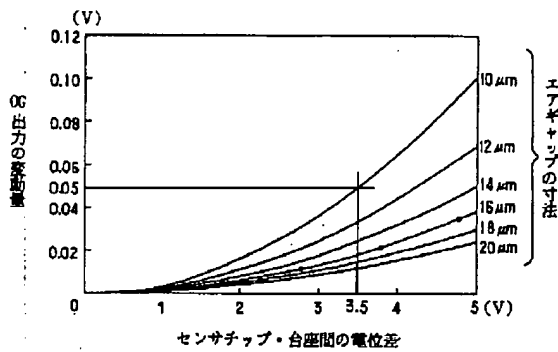
【図19】



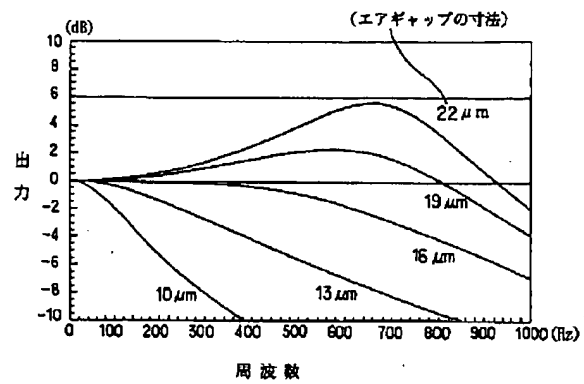
【図20】



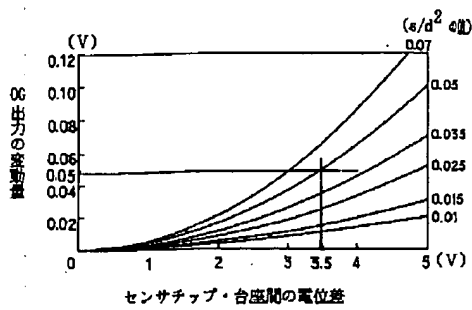
【図21】



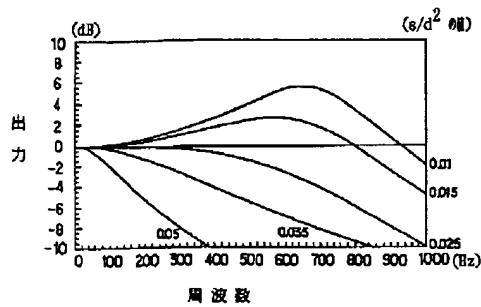
【図22】



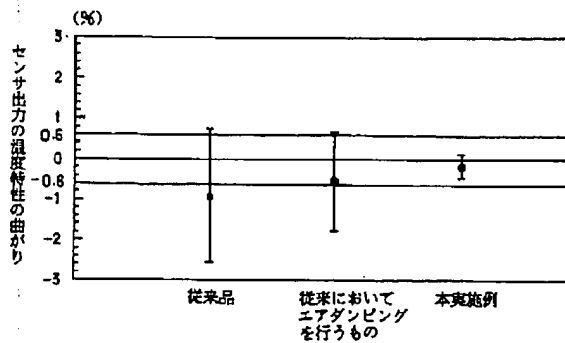
【図23】



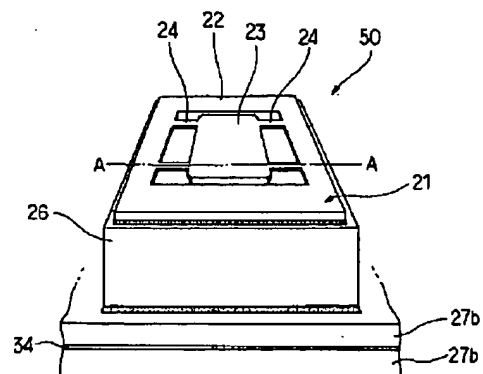
【図24】



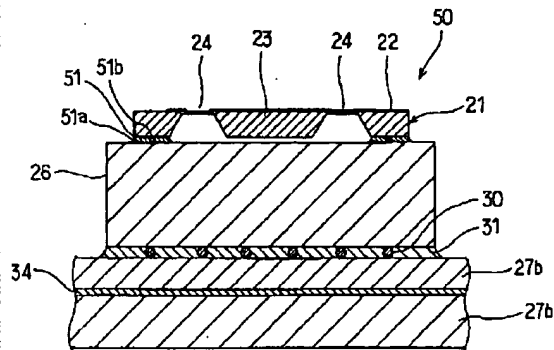
【図25】



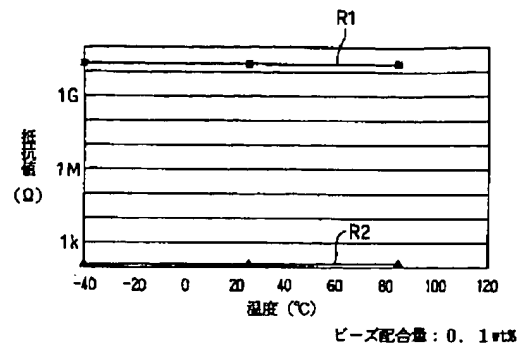
【図26】



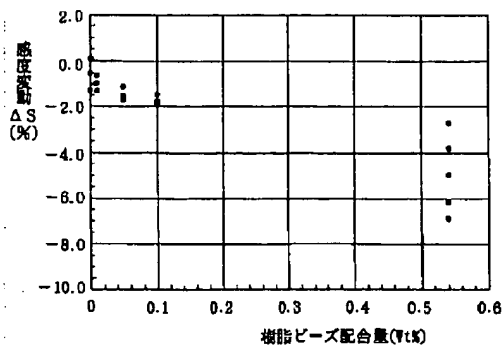
【図27】



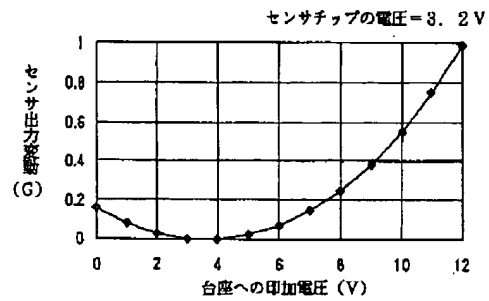
【図28】



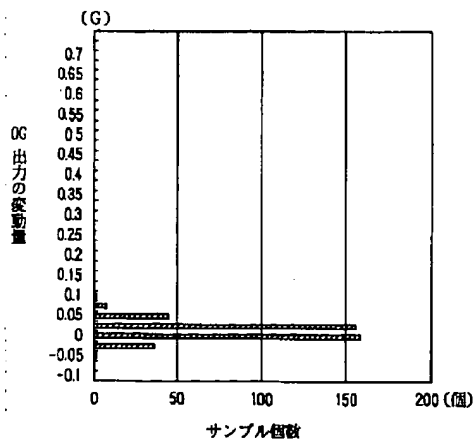
【図29】



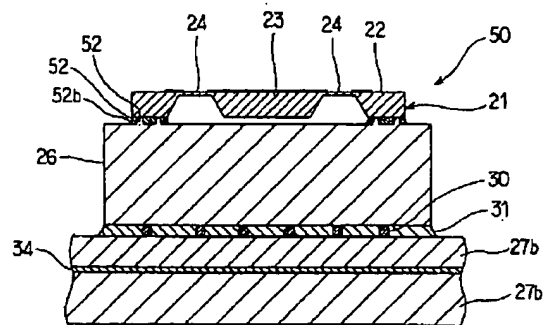
【図30】



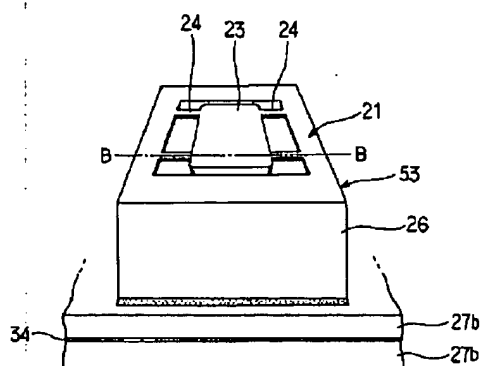
【図31】



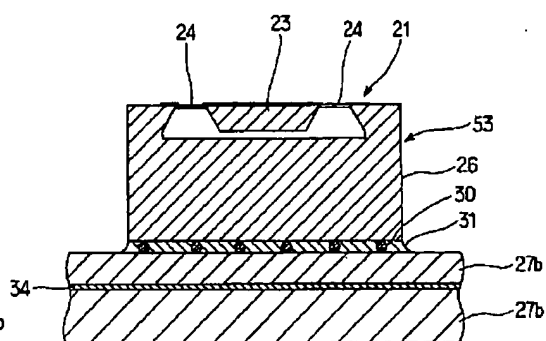
【図32】



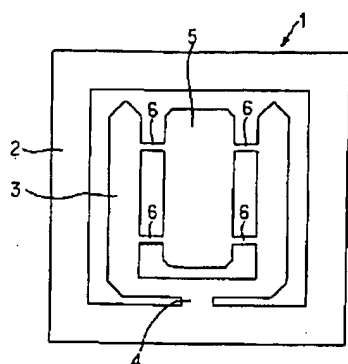
【図33】



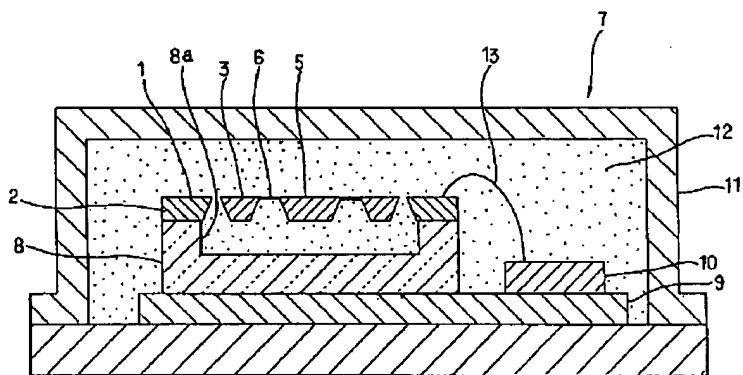
【図34】



【図35】



【図36】



フロントページの続き

(72)発明者 下山 泰樹
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内

(72)発明者 薫田 智仁
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内

(72)発明者 北尾 典雄
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内